Über den Tiefenschlamm, das Seeerz und über Kalksteinaushöhlungen im Madüsee.

Von **Dr. W. Weltner.**

Hierzu Tafel XI und 1 Textfigur.

(Beiträge zur Fauna des Madüsees in Pommern. Von Dr. M. Samter und Dr. W. Weltner. Zweite Mitteilung.)

Zu den faunistischen Besonderheiten des Madüsees, über welche früher von uns berichtet wurde, haben sich im Verlaufe meiner Untersuchungen noch andere Eigentümlichkeiten gesellt, die nicht durchweg zur Fauna des Sees in Beziehung stehen. Da es sich in diesen Beiträgen in Zukunft nicht vermeiden lassen wird, über den Rahmen faunistischer Mitteilungen hinauszugehen, so mögen auch die nachfolgenden Erörterungen als Beiträge zur Kenntnis der Madü (wie der See von den Anwohnern genannt wird) hier Aufnahme finden.

Der Tiefenschlamm.[1])

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, ist der Boden des Madüsees von 7—8 m Tiefe an, wo der Wuchs der Phanerogamen in der Regel aufhört,[2]) bis zur größten Depression von 42 m mit einer durch Sand vermengten, grauen, dicken Schlammschicht bedeckt, ganz im Gegensatz zu den meisten von uns untersuchten norddeutschen Seen, deren Grund jenseits der Scharkante einen graubraunen, schwarzbraunen, grauschwarzen oder schwarzen Schlamm aufweist, in dem hier und da weißgelbe Fladen eines Diatomeenschlammes eingestreut sein können. Einen derartig gemischten Schlamm habe ich im Madüsee bisher nur an einigen Stellen in 30—40 m Tiefe erhalten, und nur einmal brachte das Netz bei Klein-Küssow in 38—40 m neben grauem Schlamm auch schwarzen zu Tage; über die gegenseitige Lage beider kann ich nichts angeben. Bei dem Dorfe Kunow ist der Boden an einer

---

[1]) Siehe hierzu Bemerkung 1 auf Seite 294.

[2]) Siehe hierzu Bemerkung 2 auf Seite 294.

Stelle in 12—15 m so hart, daß das Lot aufschlägt, und man das Umkippen des Gewichtes mit der Hand deutlich wahrnimmt; auch hier ist der Boden mit einer dünnen Schicht grauen Schlammes überzogen, dessen Farbe indessen dunkler als der gewöhnliche Tiefenschlamm des Sees erscheint; die dunklere Farbe rührt offenbar von einem höheren Gehalt an organischer Substanz her.

Die Bestandteile des grauen Schlammes der Tiefe sind kohlensaurer Kalk in Gestalt kleiner Körnchen, Quarzkörner, dunkelgefärbter Kot, organische Reste zerfallener Tiere und Pflanzen, unter denen weißliche, gelbliche und bräunliche Fasern häufig sind, Pollenkörner, Diatomeen, Nadeln von Spongien, Schnecken und Muschelschalen, darunter besonders Dreissensien. Von lebenden Organismen sind *Pontoporeia affinis*, *Dreissensia polymorpha* und *Pisidien* sehr gemein, in großer Häufigkeit kommen vor *Oligochaeten*, *Mückenlarven*, *Plagiostoma lemani*, auch *Pallasiella quadrispinosa*, letztere indessen nicht überall; auch *Dendrocoelum* (dem *lacteum* sehr ähnlich) und *Nematoden* sind nicht selten, an einigen Stellen finden sich *Spongillen*. Die Dreissensien leben in unserem See zu den bekannten Kolonien vereinigt in kolossalen Mengen, sie werden hier noch in 20—30 m Tiefe lebend angetroffen; ich habe sogar einmal lebende Tiere noch in 40 m gesammelt.

Die erwähnten Diatomeenrasen sind von schleimiger Konsistenz und haben 1—2 cm Durchmesser. Sie bestehen aus koloniebildenden Arten, zwischen deren Stielen überaus zahlreiche kleine Kalkrhomboeder liegen.

Im nachfolgenden soll eine Erklärung für die helle Farbe des Tiefenschlammes der Madü gegeben werden.

Die Faktoren, welche das helle Kolorit zu erzeugen imstande sein würden, sind:

Massenhaftes Vorkommen von Quarz, Kieselsäureskeletten, Chitinskeletten und Cellulose.

Große Mengen der den Schlamm beigemischten tierischen Exkremente, die nach Wesenberg-Lund (1901, p. 160) eine hellere Farbe als der Seeschlamm haben, wahrscheinlich weil die organische Substanz von den Tieren aufgenommen und nur die anorganische entleert wird.

Reicher Gehalt an kohlensaurem Kalk.

Durchmustert man Proben des Tiefenschlammes des Madüsees, so muß man den ersten Faktor ausscheiden, da weder Sand, noch Kieselsäure, noch Chitinskelette, noch Cellulose in solchen Mengen vorhanden sind, um den Schlamm hell färben zu können. Es scheint, daß die Diatomeen, Spongiennadeln und Chitinteile in der Tiefe unserer Seen zu schnell aufgelöst werden, als daß sie sich am Boden in großen Mengen ansammeln können.

Was den zweiten Punkt betrifft, so ist im Hinblick auf die enormen Mengen der im Tiefenschlamm lebenden *Pontoporeien*, *Dreissensien* und *Pisidien* und der sehr zahlreichen, über den Boden hinstreichenden *Mysis* der Einfluß, den ihre Exkremente haben, nicht zu unterschätzen. Für sich allein kann aber dieser Faktor nicht ausschlaggebend sein.

Dagegen scheint der Gehalt an kohlensaurem Kalk die eigentliche Ursache der hellen Farbe des Tiefenschlammes zu sein. Untersucht man eine beliebige Probe desselben, so findet man, daß er von Kalkkörnern durchsetzt ist.

Ich will hier in kurzen Zügen auf die Bildung, die Farbe und die Zusammensetzung der Kalkschlammablagerungen der Seen nach den Untersuchungen von Wesenberg-Lund (1901) und Passarge (1902) eingehen. Nach Passarge wird der Schlamm in folgender Weise gebildet.

Sind größere Zuflüsse vorhanden, so werden durch sie mechanische Sedimente (Sand, Thon) im See abgesetzt. Von den diluvialen Ablagerungen gelangt viel Kalk, nebst Eisen und Kieselsäure in das Seewasser. Die Uferpflanzen inkrustieren sich mit Kalk; wenn sie absterben, werden sie bis auf Reste von der Tierwelt gefressen und in Kot umgewandelt. Die Gasteropoden weiden kalkabscheidende Organismen ab. Nach dem Tode der Mollusken zerfallen ihre Schalen allmählich in kleine Bruchstücke, worüber Wesenberg-Lund näheres mitteilt. Da wo *Chara* üppig wächst, gibt sie zur Bildung hellen Kalkschlammes (Seekreide) Veranlassung, der 70 % und mehr $CaCO_3$ enthält. Der dunkelgrünlich-graue bis schwärzliche Schlamm, den man unter dem Rasen von gemischten Pflanzen (*Elodea*, *Myriophyllum*, *Batrachium*, *Stratiotes*, *Potamogeton*, *Characeen*) findet, enthält weniger Kalk, durchschnittlich 60 %. Massenwuchs von *Vaucheria* liefert einen besonderen tief schwarzgrünen Schlamm, der an Eisen und Kieselsäure reich ist und wenig Kalk aufweist. Der von den Pflanzen herstammende Schlamm wird oft durch Strömungen und besonders durch Wellenschlag weit verbreitet und zwar von den flachen zu den tieferen Stellen; hierin liegt auch die Ursache, daß flache Ufer nicht so schnell verlanden. Der Tiefenschlamm besteht aus fortgeschwemmtem Pflanzenschlamm, ferner aus Plankton, Tierkot, Tierleichen, Blättern, Zweigen, Früchten, Pollenkörnern usw. Durch das Eis wird das Schilf fortgetragen und dadurch Kieselsäure über den Bodenschlamm verbreitet. Mit der Zeit wird der abgelagerte Schlamm verändert, die organischen Reste werden durch Oxydation zerstört, und die anorganischen Stoffe häufen sich an. Der Schlamm nimmt mit der Tiefe eine hellere Farbe an, die von dem höheren Kalkgehalt herrührt, selbst der schwärzlich grau-grüne gemischte Schlamm ist in 1—2 m Tiefe bereits hellgrau gefärbt und hat einen Kalkgehalt von 70—80 und mehr Prozent. —

Es ist einleuchtend, daß der Gehalt des Tiefenschlammes an $CaCO_3$ in ein und demselben See nicht überall gleich ist. Der

Tiefenschlamm des Neusiedler Sees enthält 20—50% (Walter 1893, p. 765), der des Genfer Sees (Forel 1885, p. 55) 21,8—32%. Passarge fand im Zens-See 33—45% und im Gr. Lychen See 42 bis 49%. Der graubraune typische Tiefenschlamm des Zens-Sees hatte 45,45%, der schwarzbraune moorige Schlamm des Wurl-Sees hatte nur 16%. Der hellgraue Schlamm der Tiefe des in ein Kalkgebirge eingesenkten Sees von Bourget hat 60—70% $CaCO_3$ (Walter 1893, p. 766). Der Vaucheriaschlamm Passarges ist schwarzgrün bis tiefschwarz gefärbt und hat 15—39% $CaCO_3$.

Der weißliche, gelbliche bis grau gefärbte Charaschlamm hat nach Passarge 68—77% $CaCO_3$, der z. T. in Gestalt kleiner Körner, z. T. als Rhomboeder auftritt. Der Characee-lime von Wesenberg-Lund (1901, p. 146) enthält mehr als 80%. Nach Passarge hat der „alte Kalkschlamm" 82, 68—91, 89% und ist von fast weißer Farbe.

Vergleicht man in diesen Angaben Farbe und Kalkgehalt, so folgt, daß ein heller Schlamm im Allgemeinen mehr kohlensauren Kalk enthält als ein dunkel gefärbter.

Es kann aber auch ein dunkler Schlamm reicher an $CaCO_3$ sein, als ein heller. Passarge fand in dem dunklen gemischten Schlamm der Phanerogamenzone 46—65,50%; der Schlamm ist frisch von grau-bräunlicher bis grau-grünlicher Farbe und geht mit allen Abstufungen in einen dunklen bis schwärzlich grünlich-grauen Schlamm über; eine Probe, deren Pflanzendecke aus Elodea und Muschelschalen bestand, hatte 68,50% $CaCO_3$. Der hohe Kalkgehalt dieses Schlammes erklärt sich ohne weiteres dadurch, daß in der Zone, in welcher die diesen Schlamm bildenden Pflanzen leben, auch die Mollusken sehr verbreitet sind. Ich habe zum Vergleich mit dem Schlamme der Lychener Seen eine beliebige Probe schwarzbraunen Schlammes der Pflanzenzone am Scharberge des Madüsees entnommen. Herr Privatdozent Dr. Winter, Chemiker an der Königl. Bergakademie hatte die Güte, diese und andere Schlammproben auf ihren $CaCO_3$-Gehalt zu prüfen. Es enthielt im lufttrockenen Zustande:

Madü: Gemischter schwarzbrauner Schlamm, aus dem die Molluskenschalen ausgesiebt waren, vom Scharberge in 5—7 m bei Moritzfelde[1]) im Oktober 1905 entnommen: 36,30% $CaCO_3$,

Grauer Tiefenschlamm aus 20 m bei Moritzfelde im Oktober 1905 entnommen: 75,48% $CaCO_3$,

Grauer Tiefenschlamm aus 27 m bei Seelow im Sept. 1905 entnommen: 59,30% $CaCO_3$.

Die in diesen beiden Proben enthaltenen Molluskenschalen sind nicht in die Analyse einbezogen worden.

[1]) Zur Orientierung der in diesem Aufsatze genannten Orte siehe die Karte (Tafel XII) zu der nachfolgenden Abhandlung von Dr. Samter „Der Madüsee".

Tegeler See bei Berlin: Zwei Proben schwarzbraunen Tiefenschlammes aus 9 und 10 m vom Oktober 1905 zeigten: 30,12 und 31,75% $Ca\,CO_3$.

Der Tiefenschlamm des Tegeler Sees enthielt keine Mollusken.

Hiernach enthält der helle Tiefenschlamm der Madü viel mehr $Ca\,CO_3$ als der dunkle Schlamm aus der Tiefe der Seen bei Lychen und des Tegeler Sees.

Es fragt sich, woher der hohe Kalkgehalt des Tiefenschlamms der Madü stammt. Die Hilfsquellen, welche hier den Kalk liefern, müssen größer sein als in anderen Seen.

Selbst unter der Annahme, daß der Boden der Madü einmal aus Seekreide bestanden hätte, muß doch im Laufe der Zeit dieser Boden mit einem dunklen Schlamm bedeckt worden sein, wenn nicht in irgend einer Weise dem Seeboden stets von neuem große Mengen Kalk zugeführt worden wären, die den hellen der Madü eigenen Bodenschlamm erzeugen.

Um diese Kalkanreicherung zu erklären, kommen in Betracht:

die Zuflüsse des Sees,
der geologische Bau des Ufergeländes,
die Vorlandbeschaffenheit,
die Masse des Kalkes, der von den Uferpflanzen abgeschieden wird,
die Menge der auf dem Vorlande und in der Tiefe lebenden Mollusken,
der Kalkgehalt der Planktonorganismen.

Der verschiedene Anteil dieser sechs Faktoren ist ausschlaggebend für den Kalkgehalt des Tiefenschlammes eines Sees.

Was die Zuflüsse des Madüsees anbetrifft, so mündet der einzige nennenswerte, der Schöningsgraben, im Süden zwar auf einem ca. 600 m breiten Vorlande von Seekreide, allein die durch ihn bewirkte Zufuhr von $Ca\,CO_3$ ist in Anbetracht seiner geringen Strömung viel zu klein, als das hierdurch der große Kalkreichtum des ganzen Seebodens erklärt werden könnte.

Ueber die Menge des $Ca\,CO_3$, der aus dem umliegenden Gelände in den See gelangt, fehlt mir eine Vorstellung. Jedenfalls wird aus den Sanden und der Grundmoräne viel Kalk in den See geführt. Ein Teil des ins Wasser in Lösung gelangten Kalkes wird von den Pflanzen ausgeschieden, der zum Teil von den Mollusken aufgenommen wird. Ein anderer Teil fällt vielleicht infolge der Temperaturdifferenzen der oberen und tieferen Schichten des Seewassers und der Einwirkungen der Luft auf die Oberflächenschichten (Delebecque 1898, p. 217) aus, wodurch der Kalkgehalt im Tiefenschlamm vermehrt wird.

Für viel größer als die eben genannte, von außen in den See gelangende Quantität des kohlensauren Kalkes halte ich diejenige, welche im See selbst gebildet ist und vom Vorlande her durch die Wellen in den See transportiert wird. Seekreide und Sand bilden den Boden des Vorlandes der Madü. Fährt man nach stärkeren, anhaltenden Winden am Ufer des Sees entlang, so kann man sich des Eindruckes nicht entschlagen, daß ein Teil der aufgewühlten Bodenmengen über die Scharkante hinweg in die Tiefe gelangt. Hier an der Scharkante herrscht bei Stürmen eine starke Dünung; der Sand sinkt hinter ihr zuerst nieder, während der Kalk weit in den See hineingetrieben wird. Daß beide selbst bis in die Mitte des durchschnittlich 2500 m breiten Sees transportiert werden können, lehrt die Tatsache, daß man überall am Boden des Sees, auch in der Mitte desselben, Schneckenschalen findet, die vorzugsweise auf dem Vorlande und am oberen Scharberge leben und nur vereinzelt ihr Dasein in der Tiefe fristen (*Bithynia*, *Valvata*, *Planorbis*). Die Hauptmenge des Kalkes auf dem Vorlande stammt von den hellen und dunklen Seekreideablagerungen, welche nach dem Vorgange von Wesenberg und Passarge von *Chara* herrühren, die noch heute große Wiesen auf dem Vorlande der Madü bilden.

Dagegen dürften die Quantitäten des Kalkes, welcher von den Phanerogamen (in der Madü besonders *Potamogeton pectinatus* und *lucens*, *Elodea*) erzeugt werden, nicht groß sein, weil der Reichtum dieser Pflanzen am Ufer und Scharberg verhältnismäßig nur gering ist, worauf schon Halbfaß (1899) hingewiesen hat.

Enorm müssen die Mengen von Kalk sein, welche dem Tiefenschlamm von den Mollusken zugeführt werden. Die große Häufigkeit der *Dreissensien* in der Tiefe wurde schon oben erwähnt; ihnen gesellen sich die kleinen *Pisidien* hinzu. Nicht minder zahlreich sind die Schalen von Schnecken, die auf dem Vorlande und am Scharberg leben und in großer Zahl beständig in die Tiefe befördert werden. Siebt man den mit der Dredge erhaltenen Tiefenschlamm aus, so erhält man neben lebenden und toten *Dreissensien* u. *Pisidien* stets große Mengen leerer, z. T. ganzer, z. T. in Auflösung begriffener Schalen von *Valvata*, *Bithynia*, *Neritina*, *Limnaea* und *Planorbis*.

Nach Wesenberg-Lund (1901, p. 157) geht die Kalkablagerung von Seiten der Mollusken in den dänischen Seen im allgemeinen nicht über die 11 m Linie hinaus, die Schalen der Mollusken sind hier hauptsächlich zwischen 8 und 10 m angehäuft, sie leben mit Ausnahme der Pisidien selten über 15 m. Da die Wirkung der Wellen nicht bis in eine Tiefe von 11 m reicht, so werden die Molluskenschalen nicht von ihrer ursprünglichen Lagerstätte forttransportiert. Für die Madü liegen die Verhältnisse insofern anders, als hier in allen Tiefen leere Molluskenschalen von solchen Arten gefunden werden, die nicht in der Tiefe leben.

Daß übrigens ein Schlamm, der aus der Zone reichen Molluskenlebens stammt, nicht immer reich an Ca CO_3 zu sein braucht, hat

Wesenberg (l. c. p. 158) gezeigt. Bei dem an toten Molluskenschalen reichen Tiefenschlamm der Madü glaube ich überall einen hohen Kalkgehalt annehmen zu dürfen, da die bisher untersuchten Proben durchsetzt von Kalkkörnchen waren.

Nun stammt aber, wie Passarge (1902, p. 114) betont, der Kalk, den die Mollusken liefern, von den Pflanzen her, welche von den Schnecken abgeweidet werden, während die Zweischaler kalkreiche Algen in sich aufnehmen. Der von den Mollusken aufgenommene und als Gehäuse abgeschiedene Kalk würde nach P. auch ohne die Tätigkeit der Mollusken von den Pflanzen allein als Sedimente abgeschieden werden. Passarge gibt aber selbst zu, daß die Mollusken den Kalkgehalt lokal erhöhen, da in ihren Schalen der Kalk ja in großer Menge aufgespeichert ist. Diese Konzentration von Kalk durch Molluskenschalen findet also in der Tiefe des Madüsees statt. Uebrigens glaube ich, daß die Mollusken ihren Kalk nicht allein von den Pflanzen nehmen, sondern auch direkt aus dem Wasser, welches doppeltkohlensauren Kalk in Lösung enthält. Ich schließe das daraus, daß ich in Aquarien mit Wasserleitungswasser ohne Phanerogamen und ohne sichtbare Algen *Limnaeen*, *Bithynien* und *Planorben* aus ihrem Laich und *Paludinen* gezüchtet habe.

Ich komme zu den Planktonorganismen, welche Kalk bergen. Hierher gehören nach Wesenberg (1901, p. 163) nur *Peridinien* und *Crustaceen*, welche beide in ihren Skeletten Kalk führen. Erstere kommen in der Madü in so geringer Menge vor, daß sie den Kalkgehalt des Tiefenschlammes kaum merklich vergrößern. Für die pelagischen (und litoralen) Kruster fehlt mir ein Urteil, doch ist soviel sicher, daß sie als Kalkproduzenten weit hinter den bisher besprochenen zurückstehen.

Wesenberg-Lund (1901, p. 154) zählt zu den Organismen, welche in einem See $CaCO_3$ abscheiden, noch die blau-grünen Algen, die auf dem Vorlande liegende Steine überziehen. Solche kalkreichen Ueberzüge finden sich am Madüsee nur an einer begrenzten Strecke (s. unten Kalksteinaushöhlungen) und sind daher für die Kalkanreicherung des Seebodens sekundärer Natur.

Ich habe bisher nicht die Angaben von Wesenberg-Lund (l. c. p. 93) über den $CaCO_3$-Gehalt des Tiefenschlammes dänischer Seen erwähnt. Es geschah, weil in dem englischen Resumé der Arbeit nichts über die Farbe dieses Schlammes angegeben ist. Der Gehalt an kohlensaurem Kalk beträgt 0,10—59,44 %. Herr Dr. Wesenberg hatte die Güte, mir folgendes mitzuteilen. Der Tiefenschlamm ist z. T. grau, z. T. schwarz mit allen Abstufungen; der graue Schlamm ist immer kalkreicher als der schwarze; da, wo dieser ganz schwarz ist, enthält er nur 0,10—3 % $CaCO_3$. Der graue Schlamm der Tiefe hat 30 % und mehr kohlensauren Kalk.[1]) Das bestätigt meine obigen Ausführungen, nach denen die Ursache der hellen Farbe des Tiefenschlammes der Madü eine Folge des hohen

[1]) Siehe meine Anmerkung 3 auf Seite 294.

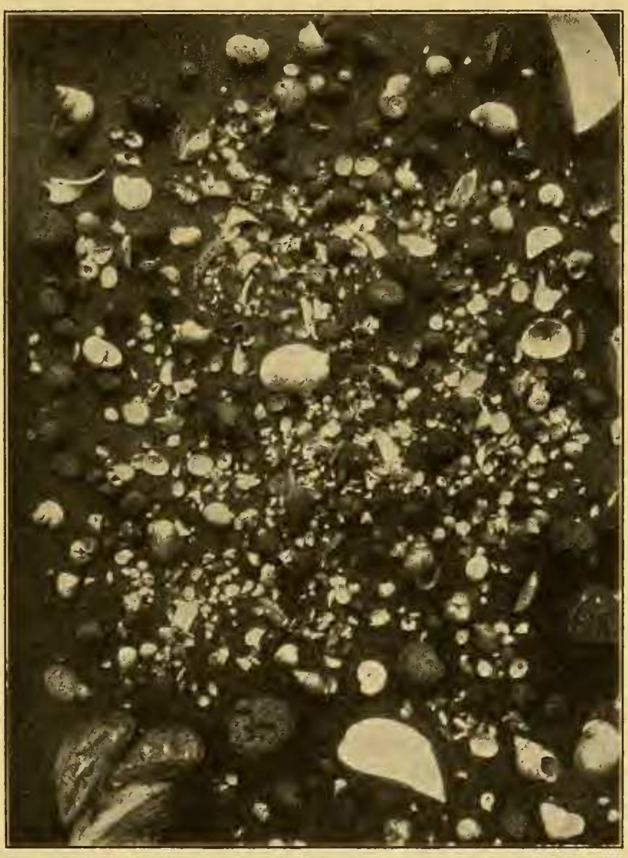
Kalkgehaltes ist. Derselbe stammt aus der Seekreide des Vorlandes, die von den Wellen in die Tiefe befördert wird, und von den zerfallenden Molluskenschalen, die z. T. in der Tiefe leben, z. T. beständig vom Vorlande und vom Scharberge in den See hinabrollen.

Da nun auch in manchen anderen Seen in der Tiefe Pisidien und Dreissensien in Massen leben und leere Schneckenschalen vorkommen und der Schlamm trotzdem dunkel gefärbt ist, so glaube ich, daß im Vergleich zu anderen Seen die helle Farbe des Tiefenschlammes der Madü aus der Seekreide des Vorlandes und aus der geringeren Menge organischer Substanz im Schlamm resultiert.

2. Das Seeerz.

Neben den im vorigen Kapitel erwähnten Bestandteilen des Tiefenschlamms finden sich an einer begrenzten Strecke des Seebodens noch andere anorganische Bildungen. Gibt man den im Osten und Südosten bei dem Dorfe Seelow mit der Dredge in 20 bis 30 m erhaltenen Grundschlamm durch ein Sieb, so erhält man neben Sand, kleinen Steinchen und Molluskenschalen zahlreiche kleine, im frischen Zustande fast schwarz gefärbte, kugelige oder knollige Körper von 1—14 mm im Durchmesser, die an der Luft meist ein braunes Kolorit annehmen. Viele der Steinchen und Molluskenschalen sowie die in einem Fange erhaltenen Statoblasten von *Cristatella* tragen einen braunen eisenhaltigen Ueberzug. Die Oberfläche der Kugeln und Knollen ist matt und rauh. Die kleineren sind mehr kugelig gestaltet als die größeren, welche die knollige Form angenommen haben; die Konsistenz ist verschieden, entweder hart, dabei aber mit dem Messer noch schneidbar, andere sind so weich, daß sie beim Durchschneiden zerbröckeln. Auf Durchschnitten, welche man durch Schneiden resp. Kratzen mit dem Messer erhält, erkennt man einen schaligen Bau (Taf. XI, Fig. 4—6), es wecheln hell und dunkelbraune und schwarze konzentrische Schichten miteinander ab, die letzteren oft einen metallischen Glanz zeigend. Das ganze Gebilde erinnert an Raseneisenstein. Selten ist zwischen den dunklen Schichten eine weiße eingelagert. Wie aus den Figuren ersichtlich, unterliegt die Dicke und Zahl der einzelnen Schichten großen Schwankungen, die größte Anzahl betrug 10 (Fig. 4). Bei vielen Kugeln löste sich beim Durchschneiden die äußerste braun gefärbte Schale ab, die innere Masse war braunschwarz oder fast schwarz, meist bröckelig und zeigte im Zentrum wieder einen festeren fast schwarzen Kern. Auch bei den Kugeln, die beim Anschneiden zerbröckelten, war eine konzentrische Schichtung nachweisbar und auch bei ihnen fand sich vielfach im Innern ein härterer, schwärzlich gefärbter Kern, der gelegentlich eine braune Partie umschloß. Einige Male gelang es, im Zentrum der Kugeln den Rest einer kleinen, weißen Schnecke oder ein

größeres Sandkorn nachzuweisen (Fig. 5 u. 6). Mit Salzsäure übergossen, brausen die Kugel auf, die Säure wird sofort gelblich und beim Erhitzen tief gelb. Aus dieser gelben Lösung fällt Ammoniak das Eisen als Eisenoxyd aus. Die meisten der größeren Kugeln zerfallen auch beim wiederholten Kochen mit Salzsäure nicht vollständig, es bleiben größere Scherben zurück, die sich mit dem



Seeerz, Molluskenschalen und deren Trümmer aus Tiefenschlamm des Madüsees bei Seelow ausgesiebt. Natürliche Größe. Nach einer Photographie von Hermine Weltner.

Finger leicht zerreiben lassen. Der beim Kochen erhaltene Rückstand besteht aus sehr zahlreichen Sandkörnchen, Schwammnadeln, Resten von Crustaceen, besonders *Bosmina*, Diatomeen, zahlreichen Pollenkörnern und zerfallenen pflanzlichen Gewebsteilen. Daneben erhielt ich in einem Präparat einen mir unbekannten Organismus

von der Form eines stark seitlich zusammengedrückten, oben offenen Bechers mit längerem, dünnen Stiel, die Farbe ist hellbraun oder gelb. Auf Taf. XI, Fig. 7 habe ich ein solches Gehäuse in 145-facher Vergrößerung abgebildet, der Becher war 0,178 mm lang und 0,119 mm breit, der Stiel, dessen freies Ende stets mit Detritus besetzt war, maß 0,076 mm Länge. Steusloff (1905) erwähnt aus den Wiesenkalk- und Torf-Ablagerungen des Müritzbeckens „tief braun gefärbte, gestielte oder ungestielte kokonartige Gebilde, wohl Eikapseln. Bei einigen der offenen liegt noch der abgestoßene Deckel; andere sind ganz geschlossen." Verf. gibt keine Abbildung und Maße: vielleicht sind diese Kokons und die von mir gefundenen Becher, die ich für pflanzliche Gebilde halte, gleicher Herkunft. Uebrigens sind die oben genannten organischen und anorganischen Reste nicht nur im Innern der Kugeln enthalten, sondern finden sich auch in den äußersten Schalenlagen.

Der Gehalt dieser Kugeln an Cladocerenresten, Schwammnadeln und Diatomeen weist auf eine Entstehung im Wasser hin. Ihr Bau und der reiche Gehalt an Eisen zwingt, sie der Gruppe der Seeerze einzureihen, über deren Vorkommen und Bildung Beck (1903) näheres mitteilt. Nach ihm ist das Seeerz besonders in Schweden, Finnland, dem europäischen Rußland und Kanada verbreitet und findet sich hier auf dem Grunde der Seen, meist auf sandigem Untergrunde, in einem etwa 10 m vom Ufer entfernten Strich und in einer Tiefe bis zu 10 m unter dem Wasserspiegel und erreicht selten eine Mächtigkeit von 0,5 m. Zuerst stellt das Seeerz einen ockerigen Erzschlamm dar, der allmählich verhärtet und Glanz, Farbe und Festigkeit des eigentlichen Erzes annimmt. Beim Festwerden bilden die Schlammteilchen teils kompakte Nester (rusor), teils kleinere oder größere Scheibchen und Kügelchen, umkrusten auch wohl Teile von Pflanzen und tierische Reste. In den kugeligen Gebilden wechseln konzentrische Schalen von festem und von lockerem Erz, in der Mitte findet sich oft ein Sandkorn oder ein Pflanzenrest.

Der Hauptbestandteil der Seeerze ist Eisen, daneben Mangan, Kieselsäure, Phosphorsäure, Tonerde und Wasser; Kalkerde, Schwefelsäure und Magnesia in geringen Mengen. Ich will hier nur auf die Herkunft des Eisens eingehen. Da in den meisten Gesteinen Eisenverbindungen vorkommen, die zum Teil löslich sind, so geht das Eisen in gelöstem Zustande in das Grundwasser, in Flüsse und Seen über. Hier wird es auf verschiedene Weise ausgefällt, Beck führt folgende Wege an (p. 108):

In Eisenvitriollösungen wird das Eisen durch humussaures Ammoniak als Oxydul, später als Oxydhydrat gefällt.

Aus kohlensauren Lösungen fällt das Eisen als Oxydhydrat unter Abgabe von Kohlensäure an die Luft oder an Pflanzenzellen aus. Nur bei Abschluß von der Luft oder bei Berührung mit reduzierenden organischen Resten ist Absatz von Karbonat möglich.

Aus humussauren und ähnlichen organischen Verbindungen fällt das Eisenoxydhydrat schließlich bei der Oxydation der Humussäuren und deren Zerfällung in Kohlensäure und Wasser aus. Sind Pflanzen vorhanden, so wird der Prozeß durch Abgabe von Sauerstoff von den Pflanzen beschleunigt.

Sind humussaure und schwefelsaure Eisenverbindungen vorhanden, so wird das Eisen, welches durch Ammoniak in gelöstem Zustande vorhanden war, dadurch ausgefällt, daß sich die Schwefelsäure mit dem Ammoniak verbindet. Das Eisen wird als Hydrooxyd oder humussaures Eisenoxyd gefällt.

Verfasser weist im weiteren auf die Tätigkeit der Pflanzen bei diesen Prozessen hin (fädige Bakterien, besonders *Leptothrix ochracea*).

Welcher von diesen Prozessen bei der Ausscheidung des Eisens in dem Seeerz der Madü tätig gewesen ist, wird sich erst feststellen lassen, wenn der Ort der Bildung desselben genauer bestimmt ist. Es fragt sich nämlich: Ist das Erz in der Tiefe entstanden, aus welcher es das Netz emporbrachte, oder stammt es aus den oberen Schichten des Scharberges, oder ist es etwa von außen in den See hineingeschwemmt?

Daß die Kugeln und Knollen in der Tiefe des Sees gebildet wurden, scheint daraus hervorzugehen, daß mit ihnen zusammen frische Molluskenschalen und Cristatellastatoblasten mit einem eisenhaltigen Ueberzuge gefunden wurden. Wesenberg (1901, p. 159) sah solche Eisenausscheidungen auch auf lebenden Mollusken.

Der Annahme, daß die Kugeln von außen in den See gekommen sind, steht entgegen, daß stärkere Zuflüsse bei Seelow seit der Quartärzeit nicht vorhanden waren und auch heute fehlen. Daß das Erz an den oberen Schichten des Scharberges erzeugt und allmählich in die Tiefe gerollt wäre, ist bei der großen Steilheit des Scharberges bei Seelow nicht ausgeschlossen. Um diese Frage zu entscheiden, ist eine Untersuchung der oberen festen Schichten des Scharberges nötig. — Das geringe Gewicht des Seeerzes würde auch eine größere Fortbewegung durch stärkere Strömungen am Seeboden zulassen. Nach Aussage der Fischer sind in der Madü Driften vorhanden, bemerkbar an dem Abtreiben der Netze, doch habe ich näheres über den Ort und die Stärke der Ströme bisher nicht in Erfahrung gebracht. Nicht unerwähnt will ich lassen, daß eine Verlagerung des Seeerzes bei der Fischerei stattfindet. Die Steilheit des Scharbergs bei Seelow, der Steiling genannt, bietet den Fischern eine willkommene Stelle, hier beim Stintfang ihre großen Netze aufzuziehen. Da der Fang vom 15. Oktober bis 15. April (mit Ausnahme der Zeit vom 15. November bis 7. Dezember) dauert und täglich energisch betrieben wird und da die Netze über den Grund hingezogen werden, so muß der Tiefenschlamm mit seinen Bestandteilen durcheinander gewühlt werden, sodaß ein Transport des Erzes von der Seeseite nach dem Lande zu die Folge ist.

Die Tatsache, daß bei weitem die meisten der von mir beschriebenen Seeerze kugelig oder knollig sind, bedarf noch einer Erklärung.

Nach den Ausführungen von Gümbel (1878) über die Entstehung der Manganknollen, welche die Challengerexpedition im atlantischen, besonders aber im stillen Ozean, hier in einer Tiefe von über 5500 m erbeutete, können diese Gebilde nur durch eine fortwährende Hin- und Herbewegung, nicht durch eine Bewegung nach einer Richtung hin, wie es durch Meeresströmungen bewirkt wird, entstanden sein. Eine rollende Bewegung kann aber nur durch starke Quellen erzeugt werden, welche auch das Material zur Bildung der Knollen geliefert haben werden. Nach Beck (p. 627) wird die Bildung der Brauneisenerzbohnen auf eisenreiche Quellen zurückgeführt.

Auch ich vermag die Gestalt des Seeerzes der Madü nur durch Wirkung von Quellen zu erklären. Herr Professor Potonié teilt mir dagegen mit, daß die von mir beschriebenen Bildungen ohne Einwirkung von Quellen entstanden zu denken sind. Indem sich die im Schlamme vorhandenen organischen Körper unter Abschluß von Sauerstoff (Fäulnis) zersetzen und mineralische Bestandteile ausgeschieden werden, welche sich um heterogene Körper ansetzen, kommen jene concretionären Bildungen in Gestalt von Kugeln und Knollen im Sapropel zu Stande.

Diese Erklärungsweise setzt einen hohen Eisen- und Mangangehalt (s. die Analyse des Seeerzes) an einer bestimmten Stelle des Sees voraus und zwar entweder in der Tiefe oder an den oberen Schichten des Scharberges.

Mögen nun die hier beschriebenen Erzbildungen in 20—30 m am Boden der Madü oder am oberen Scharberg erfolgt sein, jedenfalls sind dergleichen kugelige und knollige Bildungen aus norddeutschen Seen bisher in der Literatur nicht bekannt geworden. In den Talsanden und im Alluvium um Groß-Stepenitz am Papenwasser hat Keilhack (1900) Raseneisenstein gefunden, der hier „kleine, unregelmäßig gestaltete, an Schlacken erinnernde Körner bildet, die regellos die oberen Schichten des Talsandes bis zur Oberfläche erfüllen". Bei Jasenitz wurden in den tiefsten Lagen der Sandflächen der Ackerkrume Lager von erbsen- bis faustgroßen Raseneisensteinstückchen gefunden.

Gelegentlich der Untersuchung des Darminhaltes der großen Maraene (*Coregonus maraena Bloch*) fand ich zahlreiche der beschriebenen Seeerzkugeln im Darm eines 1,5 Kilo wiegenden Exemplares.

Herr Privatdozent Dr. Winter hatte die Freundlichkeit, auch das Seeerz der Madü zu analysieren. Er fand:

Eisenoxyd	38,33
Manganoxyd	6,25
Kieselsäure	13,91
Phosphorsäure	3,60
Schwefelsäure	0,04
Tonerde	0,81
Kohlensaurer Kalk	8,25
Kohlensaure Magnesia	0,98
Organische Substanz + Wasser	27,85
	100,02

Eine andere Probe dieses Seeerzes ergab an Eisen 40,37 %; Mangan 6,28 %, Kieselsäure 13,21 % und Tonerde in Spuren. Die schwedischen Seeerze zeigen einen höheren Gehalt an Eisenoxyd und zum Teil auch an Tonerde (s. Beck, p. 105).

3. Ueber Kalksteinaushöhlungen.

Angaben über die Bodenbeschaffenheit des Vorlandes der Madü liegen bisher nicht vor. Wenn auch der Umfang des Sees 37,5 km beträgt, so würde eine genauere Untersuchung der Vorlandsverhältnisse nicht schwierig sein, da das Ufer kaum irgend welche Buchten zeigt. Nach meinen Erfahrungen besteht der Vorlandsboden streckenweise nur aus Sand, an anderen Stellen aus heller oder dunkler Seekreide, an wieder anderen sowohl aus Sand als aus Kalk nebeneinander abwechselnd. Brauner oder schwarzer Schlamm, wie er in den mit Phanerogamen bestandenen Buchten anderer Seen vorkommt, fehlt vollständig, ist aber am Scharberg in der Zone der gemischten Pflanzen natürlich vorhanden. Am südöstlichen Ende des Sees, bei Werben und im Süden von Groß-Küssow finden sich ausgedehnte Felder von diluvialen Geschieben, welche die Größe einer Faust bis zu riesigen Blöcken von 3 m im Durchmesser erreichen, von denen die größeren auch bei hohem Wasserstande stets aus dem Wasser ragen. Diese Geschiebe stammen aus der Grundmoräne und wurden hier abgelagert, als letztere ausgewaschen wurde.

Ich habe den Boden dieses Vorlandes von Werben bis Groß-Küssow genauer untersucht. Unterhalb Groß-Küssow ist das Vorland sandig, die Breite vom Ufer bis zur Scharkante beträgt etwa 350 m[1]), dann folgt nach Süden das Steinfeld, welches etwa 400 m

[1]) Diese und die nachfolgenden Zahlenangaben sollen nur eine ungefähre Anschauung geben. — Sie beruhen auf Messungen des Königl. Fischmeisters Büttner in Seelow und zwar beziehen sich dieselben nicht allein auf das eigentliche Vorland, sondern auch auf das stellenweise überschwemmte Ufer. — Da der Begriff Scharkante hinfällig wird, wenn sich das Vorland ganz allmählich

breit ist und ebenfalls sandigen Grund hat. Weiter nach Süden wird das Vorland breiter und erreicht bei einer weit vorspringenden Landzunge, dem sogenannten Haken, etwa 450 m Breite, sein Boden ist hier dunkle Seekreide. Bei dem Haken verbreitert sich das Vorland bis zu c. 600 m und geht in hellen Kalk über. Darauf folgt nach Süden eine weitere Zunahme des Vorlandes, welches hier die für unsere norddeutschen Landseen seltene Breite von c. 700 m erreicht, es stellt ein großes bis zum Dorfe Werben reichendes Steinfeld mit sandigem und kalkigem Grunde dar. Etwa in der Mitte des Dorfes Werben, genauer angegeben bei dem Hause des Fischereipächters Dorow, findet sich ein kurzer Streifen steinfreien Vorlandes, die einzige Stelle bei Werben, die den Fischerbooten und Fischkästen Schutz gewährt und ein bequemes Trocknen der großen Netze über Wasser erlaubt. Der Boden hier ist am Ufer zunächst helle Seekreide, zum Teil auch Sand und Seekreide, weiter nach der Scharkante zu wechseln beide miteinander ab und in einer Tiefe von einem Meter an fährt man über festen, reinen Sandboden. Nach Süden von diesem Streifen liegt ein zweites großes Steinfeld auf zum Teil kalkigem, zum Teil sandigen Grunde. Die Breite dieses Vorlandes beträgt nur c. 400 m, es erweitert sich nach Süden zu bis c. 450 m, dann 500 m und zeigt dunkle Seekreide, die in der Nähe der Einmündung des Schöningsgrabens in helle übergeht und hier c. 600 m breit ist. Dicht unterhalb Werbens ist die Seekreide so weich und dabei so zähe, daß man beim Gehen bis an den Leib einsinken und stecken bleiben kann.

Unter den diluvialen Geschieben bei Werben finden sich viele kleinere und größere Kalksteine, von denen die kleineren handgroß und von flacher Form sind, die anderen in Gestalt großer Blöcke auftreten. Nach der anhaltenden Dürre des Sommers 1904 lagen im September viele Steine trocken. Sie sind von grauer Farbe und zeigen auf der Ober- und Unterseite Vertiefungen, die auf der oberen Fläche viel stärker und prägnanter entwickelt sind (Taf. XI, Fig. 8) als auf der unteren. Auf der oberen Seite sind die Aushöhlungen z. T. nur als flache bis 4 mm tiefe und 8 mm breite Gruben entwickelt, meist treten sie aber als 5—12 mm tiefe und 5—18 mm breite Konkavitäten auf, die infolge der angegebenen Breitenverhältnisse, der verschiedenen Länge und der sie trennenden, nichts weniger als kontinuirlichen Wände nur als unregelmäßig gestaltete Aushöhlungen bezeichnet werden können. In vielen dieser Erosionen der Oberseite findet sich ein grauer bis grünlicher, im trockenen Zustande blaugrüner, kalkreicher Ueberzug, der beim Lösen in Salzsäure etwas Sand, Diatomeen und Büschel von grünlichen bis farblosen Algen hinterläßt, welchen auch die *Dreissensien* tragen, die sich

---

in die Tiefe senkt, wie im Osten von Moritzfelde und im Norden von Werben, so ist in diesen Fällen als Scharkante die Linie angenommen, bei der das Wasser nicht mehr hell, sondern schwarz erscheint, mit anderen Worten, wenn der Boden nicht mehr sichtbar ist.

in einigen Stellen der Höhlen angesiedelt haben. Dergleichen kalkige Inkrustationen sind seit langem bekannt und haben ihre eigene Literatur (Forel 1901, p. 384). Auf dem in Fig. 8 der Tafel XI abgebildeten Stein erkennt man deutlich jenen Ueberzug, der am meisten Aehnlichkeit mit der von Wesenberg-Lund (1901, p. 24) auf einem Feuersteine abgebildeten blaugrünen Kalkinkrustation hat. Da wo an meinen Steinen der Ueberzug über den Aushöhlungen fehlt, haben diese einen glatten Boden.

Die Struktur des Kalksteines ist vollkommen gleichartig. Löst man ein Stückchen aus dem Innern in Salzsäure und läßt absitzen, so erhält man einen Rückstand, der aus Sandkörnern und Glaukonit besteht, ferner sehr viele unregelmäßige, gerade oder gekrümmte oder verzweigte Körper von grüner Farbe, die als glaukonitische Ausfüllungen von Gängen im Kalkstein aufzufassen sind. Auf Schliffen erkennt man deutlich, daß der Stein aus krystallinischem Kalk, Glaukonit und Quarzkörnern zusammengesetzt ist; dazwischen liegen gerade oder gebogene kalkige Gebilde.

Die hier beschriebenen korrodierten Kalksteine gehören in die Kategorie der galets sculptés, denen Forel (1901, p. 384) ein eingehendes Kapitel in seinem großen Werke über den Genfer See gewidmet hat. Forel gibt hier zunächst einen historischen Ueberblick über die Ansichten von der Ursache der Ausfressungen in diesen Geröllen. Die einen führen sie auf die Tätigkeit von Tieren (Neuropteren, Dipteren, Mollusken), andere auf Algen oder auf Tiere und Algen zurück, Escher glaubt, daß sie durch die erodierende Tätigkeit des Seewassers zustande kommen, da er die Höhlen und Gänge um den ganzen Stein herum gefunden hat. Bemerkenswert ist, daß sich die Skulpturen nicht blos an Kalksteinen, sondern auch bei Kieselsteinen und an Holzwerk finden. Ferner wurde beobachtet, daß ein Teil der mit den Erosionen versehenen Steine einen mehr oder weniger dicken Algenüberzug tragen, andere aber frei davon sind. Nach einigen Autoren steht derselbe mit den Skulpturen in Beziehung, nach Ule (der Würm-See p. 75, Leipzig 1901) dagegen nicht. Forel, der zahlreiche Abbildungen der von ihm untersuchten skulpturierten Steine gibt und die Ursache der Erosionen auf Insekten zurückführt, betont, daß die Frage nach den Erzeugern der Ausfressungen noch nicht definitiv gelöst ist. Er hebt hervor (p. 388), daß wir wahrscheinlich verschiedene Ursachen anzunehmen haben. Folgende Skulpturen werden von ihm unterschieden:

Unbestimmte Erosionen, die auf chemische (CO_2) und auf mechanische Ursachen zurückzuführen sind,

Erosionen, die auf chemischem Wege (CO_2) an Steinen hervorgebracht werden, die im Schlamme in der Tiefe des Sees liegen,

Furchen, die durch Tiere in einer plastischen Erde erzeugt werden,

Krummlinige Furchen, auf mechanischem Wege von Neuropterenlarven hervorgebracht,

Skulpturen, die sich unter der den Stein inkrustierenden Algenkruste finden.

Forel bespricht diese letzteren und kommt zu dem Schluß (p. 399), daß die Algenkruste zu den Ausfressungen in einer Beziehung stehen könne, daß dies aber nach seinen Erfahrungen nur wahrscheinlich sei. Diese Erosionen finden sich nur in Kalksteinen und werden daher auf chemischem Wege und zwar wie F. glaubt durch Tiere erzeugt. Diese graben sich Gänge in den Ueberzug, legen so den Stein an diesen Stellen blos und erzeugen dann Furchen in dem Kalkstein. Chodat leugnet, daß die Furchen frei von einem Algenüberzuge seien, wie Forel will. Nach Chodat wird der Stein zunächst von den Algen angegriffen, in den Ausfressungen siedeln sich dann Larven von Insekten an, die den Stein auf mechanischem Wege erodieren; Crustaceen und Insekten vollenden die Furchen. Gegen die Richtigkeit dieser Auffassung äußert Forel seine Bedenken.

Wesenberg-Lund (1901, p. 150) glaubt die Erosionen der Steine, welche einen mit Kalk inkrustierten Algenüberzug tragen, sowohl auf die Wirkung von Algen als von Tieren zurückführen zu müssen. Dabei ging der erste Angriff auf den Stein von den Algen aus, nachträglich erzeugten Tiere (Amphipoden, Neritina, Limnaea auricularia, Goëra, Molanna, Ostracoden und Copepoden) größere Gänge in dem kalkigen Ueberzug und legten so einmal gewisse Stellen des Steines blos, sodaß auch das Wasser auf den Stein einwirken konnte, ferner höhlten sie die korridierten Teile weiter aus. W. fand, daß Steine mit dem kalkigen Ueberzug mehr korrodiert waren als solche ohne diesen.

Furchensteine nach Art der am Genfer- und Boden-See vorkommenden hat in Norddeutschland zuerst G. Müller 1897 beschrieben. Es sind silurische Kalkgeschiebe vom Gillau-See im Kreise Ortelsburg in Ostpreußen, die mäandrische Furchen zeigen, welche nach Müller durch ätzende Algen und nicht durch Einwirkung von Phryganiden und Dipterenlarven entstanden sind. Müller beruft sich dabei auf Cohn's Untersuchungen. Nach diesem Forscher werden zuerst die Furchen gebildet, die dann von Kalktuff ausgefüllt werden; die im Wasser liegenden Steine lassen so ohne weiteres die Furchen nicht erkennen, weil sie von einer dicken Kruste von Kalktuff überzogen sind. Gelangen aber solche Steine auf das Ufer, so wäscht der Regen den Tuff aus, und die Furchen treten hervor. Der Kalk, der sich in der Algenkruste findet, stammt entweder aus dem Wasser oder aus dem Kalkstein, er wird zunächst gelöst und dann von den Algen wieder ausgeschieden. Wenn sich auf solchen Steinen Larven von Phryganiden und Dipteren angesiedelt haben, so hat das darin seinen Grund, weil die Tiere dort günstige Lebensbedingungen finden; daß sie in den weichen kalkreichen Algenüberzug Gänge eingraben können, ist nicht ausgeschlossen.

Schon der Vergleich der Abbildungen von Müller und mir zeigt, daß die Vertiefungen beider Steine verschiedene Bildungen sind. Darin bin ich durch Kenntnisnahme der Originale Müllers, welche

mir Herr Geheimer Bergrat Prof. Wahnschaffe gütigst zugänglich machte, noch bestärkt worden. Während diese Steine Rinnen oder Furchen von einer gewissen Regelmäßigkeit zeigen, sind die Vertiefungen der Kalksteine der Madü z. T. bloße Löcher, z. T. unregelmäßige Aushöhlungen, die meist zu breiten Gängen miteinander verbunden sind und unter sich durch unregelmäßige, unterbrochene Kämme oder durch bloße Zapfen begrenzt sind.

Die homogene Struktur der von mir beschriebenen Kalksteine schließt die Annahme aus, daß die Vertiefungen durch die Tätigkeit des Wassers allein entstanden sind. Vielleicht waren die Aushöhlungen vorgebildet und wurden dann von dem Algenüberzuge bedeckt; oder die Steine waren intakt, wurden dann von Algen inkrustiert und nun ausgehöhlt. Auf dem Vorlande und auf dem feuchten Ufer bei Werben findet man zahllose Gerölle nicht kalkiger Natur, die auf der Oberseite ganz von einem dicken sandig-kalkigen Algenüberzuge bedeckt sind, wie sie Wesenberg-Lund l. c. abgebildet hat. Der See war im September 1904, als ich diese Beobachtungen machte, sehr weit von seinen Ufern zurückgetreten[1]), während er jetzt, im Oktober 1905, infolge der anhaltenden Regengüsse eine für diesen Monat ungewöhnliche Höhe erreicht hat. Ich habe in dem Algenüberzuge der im Wasser und der auf dem Ufer liegenden Steine keine Fraßgänge von Insekten oder Furchen, die etwa von Tieren erzeugt sein könnten, gefunden. Ob aber die beschriebenen Aushöhlungen in dem Steine durch Algen hervorgebracht sind, muß ich unentschieden lassen.

Die Herren Professor Keilhack und Dr. Zeise hatten die Güte, den besprochenen Kalkstein in Augenschein zu nehmen. Nach ihnen handelt es sich hier um einen glaukonitischen Kalksandstein, der vielleicht aus der Kreide stammt. Ob nun alle Kalkgeschiebe auf dem steinigen Vorlande bei Werben solche Kalke darstellen, bleibt noch zu erforschen, es ist sogar höchst wahrscheinlich, daß sie verschiedenen Formationen angehören. Für eine Erklärung der Ursache der beschriebenen Aushöhlungen würde diese Frage keine Bedeutung haben, da die Höhlungen wohl in jedem Kalksteine erzeugt werden können.

---

[1]) s. Bemerkung 4 auf p. 294.

Anmerkungen.

1. zu p. 277. Potonié (1905, p. 13) nennt den Schlamm, der aus den Ueberbleibseln im Wasser lebender Pflanzen und Tiere und ihrer Exkremente gebildet wird und in Fäulnis übergeht: Faulschlamm (Sapropel) und unterscheidet darnach Kalksapropele, Sapropelkalke, Kieselsapropele, Tonsapropel, Sapropeltone etc.

2. zu p. 277. Nach Passarge (1902) liegt die untere Grenze des Phanerogamenwuchses in den Lychener Seen bei c. 7 m. In den dänischen Seen gehen Elodea und Fontinalis nach Wesenberg-Lund (1901) bis 10 m hinab. Auch im Madüsee leben diese beiden Pflanzen bis zu 10 m Tiefe. Die in vielen norddeutschen Seen gemeine Cladophora, welche in der Tiefe grüne, bis wallnußgroße Büsche bildet, habe ich in der Madü noch in 20 m angetroffen.

3. zu p. 283. Ich nehme hier Gelegenheit ein Versehen in der Arbeit von Wesenberg-Lund, Studier over Sokalk, Bonnemalm og Sogytje i danske Indsoer 1901 zu korrigieren. In dem englischen Text muß es auf p. 146 in der Rubrik „I Lakelime“ heißen: Lime-gytje, nicht Lake-gytje. Auf p. 11 des dänischen Textes heißt es richtig Kalkgytje.

4. zu p. 293. Der Wasserstand am Pegel bei Seelow betrug am 30. September 1904 0,72 m. Die Breite des feuchten Uferstreifens bei Werben betrug um diese Zeit 120—160 m, der Boden besteht z. T. aus Wiesenkalk, z. T. aus grobem und feinem Sand. Die Flora setzte sich hauptsächlich aus Phragmites, Juncus, Mentha, Polygonum, Bidens, Atriplex und Chenopodium zusammen. Ich sah hier Rhizome von Phragmites, welche in 10 m Länge über den Boden hinkrochen. In einigen noch mit Wasser erfüllten Vertiefungen wuchs Potamogeton pectinatus, die im See bei Werben ungemein häufig ist und Chara, die auf trockenen Stellen Teppiche bildete. — Am 31. Oktober 1905 zeigte der Pegel 1,41 m.

Benutzte Literatur.

1866. Stapff, F. M. Ueber die Entstehung der Seeerze. Zeitschr. Deutsch. geolog. Ges. Bd. 18, p. 86—173, Taf. I. Berlin.
1878. Gümbel, C. W. Die am Grunde des Meeres vorkommenden Manganknollen. Sitzungsber. k. bayer. Akad. Wiss. Math.-phys. Classe 1878. München.
1885. Forel, F. A. La faune profonde des Lacs suisses. Mémoire couronné par la Société helvétique des Sciences naturelles. Neue Denkschr. Allgem. Schweiz. Ges. Naturw. 29 Bd. 2 Abtlg.
1892. Forel, F. A. Le Léman. Tome premier. Lausanne.
1893. Walther, J. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Jena.
1896. Klebs, R. Das Sumpferz (Raseneisenstein). Königsberg i. Pr.
1896. Schröter, C. u. O. Kirchner. Die Vegetation des Bodensees. Der „Bodensee-Forschungen" neunter Abschnitt. In: Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung. 25. Heft. Supplement p. 43—53. Lindau.
1897. Müller, G. Ueber Furchensteine. Zeitschr. deutsche Geolog. Ges. Bd. 49. Protokoll, p. 27—30. Fig. Berlin.
1898. Delebecque, A. Les lacs français. Paris.
1899. Halbfaß, W. Etwas vom pommerschen Meere. Deutsche Fischerei-Zeitung 22, p. 569. Stettin.
1900. Keilhack, K. Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Lief. 93. Blatt Groß-Stepenitz. Berlin. p. 11, 15.
1901. Wesenberg-Lund, C. Studier over Sokalk, Bonnemalm og Sogytje i danske Indsoer. Meddelelser Dansk Geologisk Forening. No. 7—8, p. 1—174. Kopenhagen. (Summary of contents p. 145—171).
1901. Forel, F. A. Le Léman. Tome troisième. Lausanne.
1901. Passarge, S. Die Kalkschlammablagerungen in den Seen von Lychen, Uckermark. Jahrb. königl. Preuß. Geologisch. Landesanstalt und Bergakademie für 1901. Bd. 22. Berlin.
1903. Beck, R. Lehre von den Erzlagerstätten. 2. Aufl. Berlin.
1905. Potonié, H. Formation de la Houille et des minéraux analogues y compris le pétrole, Die Entstehung der Steinkohle und verwandter Bildungen einschließlich des Petroleums. 3. verbesserte Auflage. Berlin (Gebrüder Borntraeger).
1905. Steusloff, U. Torf- und Wiesenkalk-Ablagerungen im Rederang- und Moorsee-Becken. Ein Beitrag zur Geschichte der Müritz. Arch. Ver. Freunde der Naturgesch. in Mecklenburg. Bd. 59. Güstrow.

Figurenerklärung.

Tafel XI.

Figur 1—3. Drei der größten Seeerzknollen. Bei der Knolle 3 ist die äußerste Lage zum Teil abgerieben. $2^1/_2 \times$.

Figur 4—6. Durchschnitte von drei kleineren Seeerzen, um die konzentrische Schichtung zu zeigen. Fig. 4 weist zehn konzentrische Lagen auf. Alle drei Stücke zeigen einen Kern, in dem bei Fig. 5 ein Sandkorn, bei Fig. 6 der Rest einer Schneckenschale erkennbar ist. $5 \times$.

Figur 7. Ein pflanzlicher, becherförmiger, gestielter Körper, aus einer Seeerzkugel durch Lösen derselben mit Salzsäure erhalten. $145 \times$.

Figur 8. Ein sandiger Kalkstein vom Vorlande bei Werben mit Aushöhlungen, in denen einige Dreissensia polymorpha sitzen. Der Stein ist auf der Oberfläche zum Teil mit einem Kalk und Sand führenden Algenüberzuge bedeckt, der in der Abbildung besonders deutlich an der rechten Kante hervortritt. Natürliche Größe.